

POTENSI KANJI SAGU, KANJI UBI KAYU, DAN ABU KELAPA SAWIT SEBAGAI PENGAWAL KEHILANGAN BENDALIR

ARIFFIN SAMSURI¹, ISSHAM ISMAIL² & IRWAN ABDUL LATIF³

Abstrak. Dalam operasi penggerudian dan pelengkapan telaga petroleum, beberapa bahan tambah diguna untuk mendapatkan sifat-sifat lumpur penggerudian dan simen yang dikehendaki supaya sesuai dengan keperluan operasi terbabit. Salah satu daripada bahan tersebut ialah pengawal kehilangan bendalir (disebut juga sebagai bahan tambah kawalan kehilangan bendalir). Setakat ini, semua bahan tambah yang diperlukan masih diimport dari luar negara. Oleh itu, kertas kerja ini membentang hasil penelitian makmal terhadap penggunaan kanji sagu, kanji ubi kayu, dan abu kelapa sawit sebagai bahan tambah kawalan kehilangan bendalir yang berkaitan bagi menggantikan bahan yang diimport. Ujian kehilangan bendalir dilakukan berdasarkan prosedur seperti yang ditetapkan dalam API Spec. 10 dan API RP 13B. Hasil kajian telah menunjukkan bahawa penggunaan kanji sagu dan kanji ubi kayu dalam lumpur penggerudian dapat mengurangkan masalah kehilangan bendalir, yang mana prestasinya adalah setanding dengan prestasi yang ditunjukkan oleh bahan tambah kawalan kehilangan bendalir piawai, iaitu PAC. Abu kelapa sawit pula sesuai digunakan sebagai bahan tambah kawalan kehilangan bendalir untuk simen kelas G dan sesuai digunakan bersama bahan tambah piawai yang lain.

1.0 PENGENALAN

Pembangunan sesebuah telaga petroleum ialah suatu kerja yang rumit, lebih-lebih lagi reservoir tersebut merupakan sebuah sistem takungan tertutup yang mempunyai suhu dan tekanan yang tinggi [1]. Ia dimulai dengan penggerudian lubang telaga, yang dilakukan dengan menggunakan bit gerudi yang dipasang pada hujung rentetan gerudi. Lubang telaga yang digerudi perlu diisi dengan cecair penggerudian yang dikenal sebagai lumpur penggerudian. Lumpur penggerudian digunakan untuk mengangkat rincisan ke permukaan, menyejukkan bit dan rentetan gerudi, dan mengawal tekanan formasi. Dalam hal ini, tekanan hidrostatik yang dihasilkan lumpur mestilah lebih tinggi daripada tekanan formasi, iaitu sekitar 200 psi (1.38 MPa). Perkara ini dapat menghalang kemasukan bendalir reservoir ke dalam lubang telaga. Fenomenon kemasukan bendalir reservoir ke dalam lubang telaga yang dikenali tendangan telaga, jika gagal dikawal dengan segera dan berkesan, boleh menyebabkan berlakunya semburan liar - malapetaka yang mengakibatkan

^{1,2,3} Fakulti Kejuruteraan Kimia & Kejuruteraan Sumber Asli, Universiti Teknologi Malaysia, 81310 Skudai, Johor Darul Ta'zim.

kehilangan nyawa, kemusnahan harta benda, dan pencemaran alam sekitar. Bagaimanapun, tekanan hidrostatik lumpur penggerudian yang lebih tinggi masih tetap menimbulkan masalah, iaitu kehilangan bendalir ke dalam formasi. Masalah kehilangan bendalir perlu diatasi kerana ia mengurangkan kebolehtelapan zon pengeluaran di sekitar lubang telaga, yang secara langsung akan merendahkan daya pengeluaran telaga [2].

Satu lagi masalah kehilangan bendalir yang kerap dialami ialah ketika dilakukan operasi penyimenan - pengepaman buburan simen ke dalam anulus antara rentetan selongsong dan formasi. Antara fungsi penting simen adalah untuk melindungi zon-zon pengeluaran hidrokarbon, memperkuat ikatan selongsong-formasi, menghalang letusan zon bertekanan tinggi, melindungi selongsong daripada bendalir formasi, menghalang aliran menegak bendalir formasi, mengasingkan zon-zon kehilangan edaran, dan memudahkan operasi kerja semula. Secara umum, buburan simen yang telah mengeras boleh melaksanakan beberapa fungsi, antaranya menghalang wujudnya sebarang hubungan antara lubang telaga dan formasi, serta menyokong rentetan selongsong. Ketumpatan bagi buburan simen mestilah lebih kurang sama dengan ketumpatan lumpur penggerudian yang digunakan bagi mengawal tekanan hidrostatik formasi. Ketumpatan yang terlalu besar akan mengakibatkan keretakan dan kehilangan edaran, manakala ketumpatan yang kecil akan menyebabkan berlakunya semburan liar. Kadar kehilangan bendalir simen bersih adalah lebih besar daripada 1,500 ml/30 minit, sedangkan kadar kehilangan bendalir yang diterima oleh API adalah kurang daripada 50 ml/30 minit. Untuk ini, bahan tambah kawalan kehilangan bendalir perlu digunakan dalam buburan simen yang akan dipam ke dalam lubang gerudi [3].

Pada hari ini, pelbagai bahan tambah kawalan kehilangan bendalir digunakan dalam industri petroleum. Antaranya ialah HEC, CMC, dan PAC dalam lumpur penggerudian, manakala Halad 322s dalam buburan simen. Kesemua bahan ini perlu diimport dan harganya pun mahal, lebih-lebih lagi ketika negara sedang menghadapi kemelut ekonomi. Oleh itu, satu usaha dilakukan untuk mengenal pasti bahan tempatan yang sesuai diguna bagi menggantikan bahan tambah kawalan kehilangan bendalir yang diimport itu. Bahan yang dikaji kesesuaiannya ialah kanji sagu dan kanji ubi kayu dalam lumpur penggerudian [4], dan abu kelapa sawit dalam buburan simen [5].

2.0 BAHAN DAN KAEDAH

Penyediaan sampel lumpur penggerudian dan buburan simen adalah berdasarkan rumus yang digunakan di medan. Berikut disertakan penjelasan berasingan untuk penyediaan dan pengujian sampel lumpur penggerudian dan buburan simen.

2.1 Penyediaan Sampel Lumpur Penggerudian

Lumpur yang digunakan dalam kajian ini adalah daripada jenis lumpur polimer air tawar, yang menggunakan polimer dan bentonit sebagai bahan utama untuk memperoleh ciri-ciri reologi yang dikehendaki [6]. PAC digunakan sebagai bahan tambah kawalan kehilangan bendalir piawai. Kanji sagu dan kanji ubi kayu yang digunakan dalam kajian ini terdiri daripada gred komersil. PAC, kanji sagu, dan kanji ubi kayu dimasukkan secara berasingan ke dalam sampel lumpur asas sebelum diuji sifat-sifat yang dikehendaki.

Sampel lumpur disediakan dengan kelikatan daripada 10 cp (10 mPa.s) kepada 25 cp (25 mPa.s). Sebelum dilakukan ujian kehilangan bendalir, sampel lumpur diuji sifat-sifat reologinya seperti kekuatan gel dan takat alah, pada suhu uji kaji 160°F (71°C) hingga 200°F (93°C). Jenis dan kuantiti bahan tambah utama yang perlu dicampur untuk menyediakan *satu lab barrel* (bersamaan 350 ml) sampel lumpur adalah seperti berikut [7]:

Jadual 1 Komposisi bahan tambah dalam lumpur penggerudian

Bahan tambah	Komposisi (gram)
Ocmaclay	10.0
Kaustik soda	1.0
Bentonit	4.0
PAC atau kanji	Bergantung pada kelikatan
Barit	Bergantung pada ketumpatan

Setiap bahan tambah di atas perlu dimasukkan satu demi satu ke dalam air segar yang ditempatkan di dalam cawan Multimixer secara perlahan-lahan. Semasa pencampuran, pengaduk perlu dihidupkan dan proses pengadukan diteruskan selama sepuluh minit untuk mengelak pembentukan mata ikan [8]. Selepas itu, sampel lumpur dipanaskan sehingga mencapai suhu yang dikehendaki. Kemudian sampel tersebut akan diuji ciri kehilangan bendalirnya, selain daripada sifat-sifat reologi [9]. Proses ini diulangi untuk suhu dan kelikatan yang berlainan.

Satu perkara yang perlu diperhatikan di sini ialah kanji sagu dan kanji ubi kayu perlu dipanaskan sehingga mencapai suhu penggelatinan masing-masing, iaitu sekitar 150°F (65°C) kerana granul kanji tidak kembang pada suhu bilik berbanding PAC [4]. Ketika campuran kanji dan lumpur penggerudian dipanaskan kepada suhu yang dikehendaki, campuran tersebut masih perlu diaduk secara berterusan supaya tidak termendap, serta dapat membentuk

adunan yang sekata. Jika pemendapan pramatang berlaku, pembentukan kek yang terlalu tebal akan berlaku, yang mana hasil ini boleh menjejaskan ketepatan penganalisan keputusan uji kaji.

2.2 Penyediaan Sampel Buburan Simen

Hampas kelapa sawit yang telah diasingkan daripada bendasing hendaklah dikeringkan terlebih dahulu sebelum dikisar dengan menggunakan mesin pengisar yang halus. Setelah dikisar, hampas tersebut diayak dengan menggunakan pengayak berukuran $75\ \mu\text{m}$, sebagaimana yang telah ditetapkan oleh API Spec. 10 [10]. Hampas yang berukuran $75\ \mu\text{m}$ kemudiannya dimasukkan ke dalam kebuk pembakar pada suhu $1,300^\circ\text{F}$ (704°C) dan dibakar sehingga berlaku pembakaran yang lengkap, iaitu sehingga terhasil abu yang berwarna kelabu.

Buburan simen disediakan mengikut prosedur API Spec. 10. Air suling sebanyak 44% daripada berat simen yang akan digunakan dimasukkan ke dalam pembancuh simen. Kemudian, motor pembancuh dihidupkan pada kelajuan yang rendah, iaitu 4,000 rpm. Dalam masa yang tidak melebihi 15 saat, masukkan sampel simen dan abu kelapa sawit yang telah disediakan sebelumnya ke dalam pembancuh, tutup bekas pembancuh, dan kelajuan motor dinaikkan sehingga mencapai 12,000 RPM, untuk selama lebih kurang 35 saat. Dengan prosedur ini, buburan simen sebanyak 600 ml dapat dihasilkan.

2.3 Ujian Kehilangan Bendalir untuk Lumpur Penggerudian

Ujian kehilangan bendalir melibatkan penggunaan peralatan yang dikenali *penekan turasan bertekanan dan bersuhu tinggi*. Ujian ini dilakukan pada suhu daripada 160°F (71°C) hingga 200°F (93°C), dengan tekanan kebezaan yang dikenakan ialah 500 psi (3.45 MPa). Ujian ini dilakukan mengikut prosedur pengujian piawai yang disyorkan oleh API RP 13B [9].

Sebelum ujian dimulakan, silinder penekan mestilah bersih dan penekan turas dipanaskan sehingga 10°F lebih tinggi daripada suhu kajian. Sampel lumpur penggerudian yang telah disediakan dituangkan ke dalam silinder penekan, iaitu sehingga meninggalkan sekurang-kurangnya 0.75 inci (19.1 mm) ruang kosong untuk pengedap gegelang-O. Selanjutnya, penutup yang mempunyai satu saluran tetiub digunakan dan diketatkan dengan mengunci nut di bahagian luar silinder. Dengan segera, himpunan silinder yang telah tersedia ini dimasukkan ke dalam alat penekan turasan yang telah dipanaskan sebelumnya.

Setelah himpunan silinder berisi lumpur penggerudian dimasukkan ke dalam penekan turasan, silinder bersengkat yang kering diletakkan di bawah saluran tetiub bagi mengumpul hasil turasan. Dengan membuka injap tangki

gas nitrogen, tekanan setinggi 500 psi (3.45 MPa) dikenakan pada penekan turasan. Sejurus selepas tekanan dikenakan, jam randik dihidupkan bagi mencatat masa yang diperlukan untuk memperoleh hasil turasan selepas t minit kemudian. Isi padu turasan untuk 30 minit pula dikira dengan menggunakan persamaan berikut:

$$Q_{30} = 5.477 \times Q_5/t^{0.5}$$

Selain daripada isi padu turasan yang diperoleh, ujian ini juga dapat memberikan maklumat tentang ketebalan kek yang terbentuk pada kertas turas. Ketebalan kek diukur dengan menggunakan angkup vernier elektronik.

2.4 Ujian Kehilangan Bendalir untuk Buburan Simen

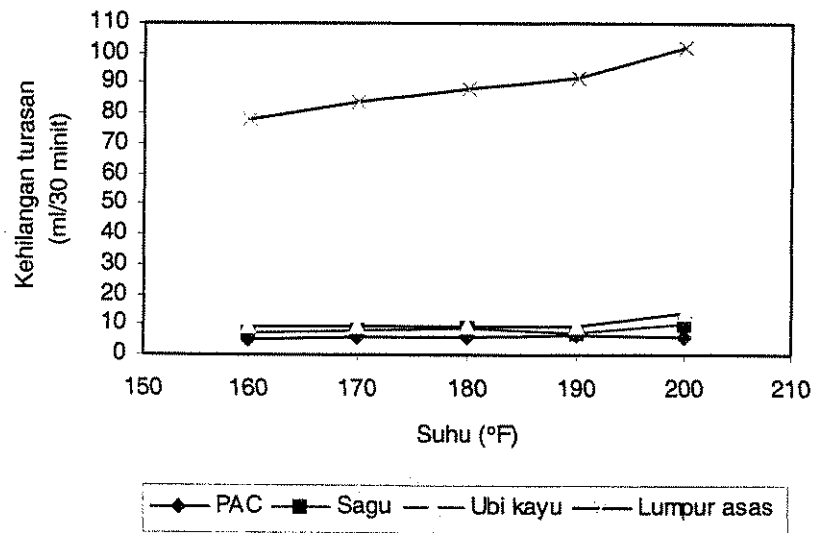
Ujian kehilangan bendalir bagi buburan simen yang akan digunakan dalam operasi penyimenan telaga petroleum dilakukan berdasarkan prosedur API Spec. 10. Ujian ini juga menggunakan *penekan turasan bertekanan dan bersuhu tinggi*. Tatacara penggunaan peralatan ini telah dijelaskan di atas. Bagaimanapun dalam ujian ini, bila injap tangki nitrogen dibuka, tekanan setinggi 1,000 psi (6.89 MPa) dikenakan terhadap penekan turasan.

3.0 KEPUTUSAN DAN PERBINCANGAN

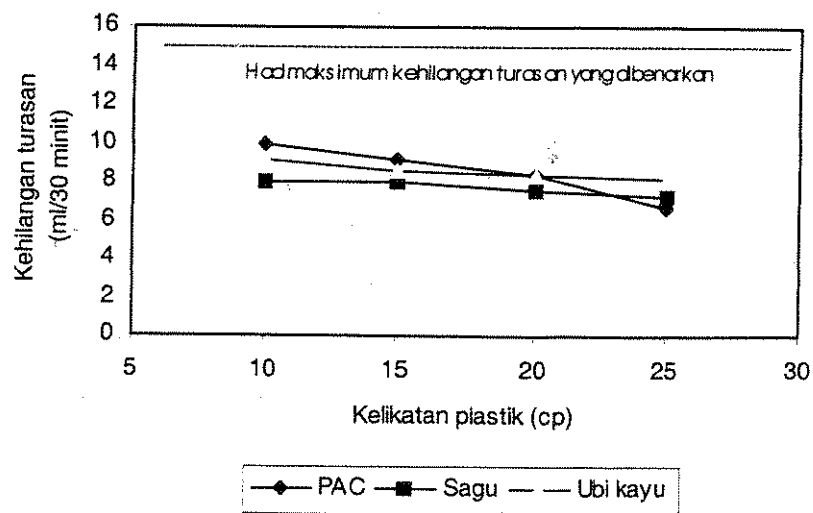
3.1 Prestasi Kanji Sagu dan Kanji Ubi Kayu sebagai Bahan Tambah Kawalan Kehilangan Bendalir dalam Lumpur Penggerudian

Kajian membuktikan selain daripada keupayaan kanji sagu dan kanji ubi kayu membentuk kelikatan yang setanding dengan kelikatan yang dibentuk oleh bahan tambah kawalan kehilangan bendalir piawai yang digunakan, iaitu PAC, pencampuran kedua-dua kanji dalam sampel berasingan menunjukkan ia dapat mengurangkan isi padu kehilangan bendalir (disebut juga sebagai kehilangan turasan) lebih kurang 90%, berbanding sampel lumpur yang langsung tidak mengandungi sebarang bahan kawalan kehilangan bendalir (Rajah 1). Keupayaan yang ditunjukkan oleh kedua-dua kanji ini adalah setanding dengan prestasi yang ditunjukkan oleh PAC. Lebih menarik lagi, kehilangan bendalir yang dialami ketiga-tiga sampel kajian adalah di bawah had kehilangan bendalir maksimum yang dibenarkan (Rajah 2). Penggunaan kanji sagu dan kanji ubi kayu sebagai bahan kawalan kehilangan bendalir dijangka tidak akan merosakkan formasi, lebih-lebih lagi kedua-dua bahan tersebut mudah dilarutkan oleh asid.

Secara umum, kehilangan bendalir yang ditunjukkan oleh kanji sagu dan kanji ubi kayu lebih rendah daripada PAC bila suhu kajian kurang daripada 185°F (85°C). Ini disebabkan kedua-dua kanji tersebut mempunyai bentuk



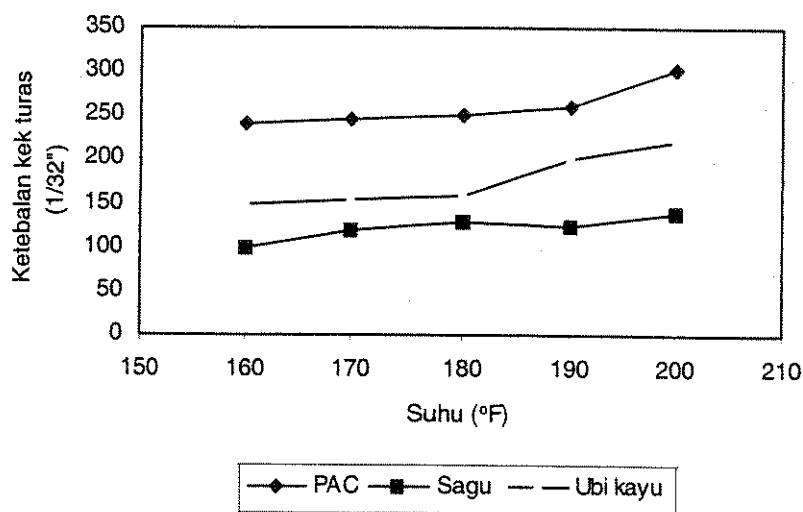
Rajah 1 Prestasi kehilangan bendalir pelbagai sistem lumpur pada 20 cp



Rajah 2 Prestasi kehilangan bendalir lumpur pada suhu 180°F

separuh sfera dan bujur, yang memudahkannya memasuki ruang yang terbentuk antara partikel lumpur. Pembengkakkan yang terus dialami pada suhu tersebut dapat mengedap ruang dengan lebih berkesan, lalu berupaya menghalang bendalir daripada melepasi dengan baik. Bagaimanapun, bila suhu mencapai 200°F (93°C), sebahagian rantai polimer terputus dan ini menyebabkan ikatan yang terbentuk antara pepejal lumpur kembali longgar. Adunan kanji mengalami kemerosotan bila suhu mencapai sekitar 200°F (93°C).

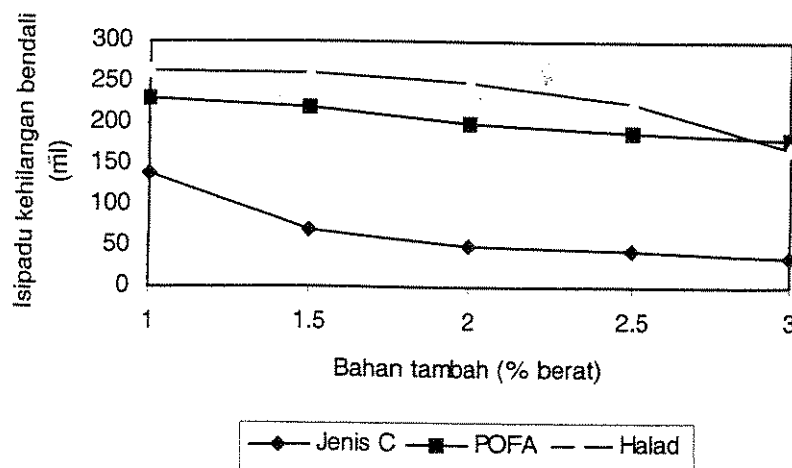
Rajah 3 menunjukkan ketebalan kek yang dibentuk oleh kanji sugu dan kanji ubi kayu adalah lebih nipis berbanding ketebalan kek PAC, iaitu lebih kurang setengah daripada ketebalan kek PAC. Apabila ruang di antara pepejal lumpur dipenuhi kanji yang membengkak, kebolehtelapan kek berkurang dengan ketara. Dengan ini, bendalir tidak lagi berupaya melepasi kek turas yang terbentuk. Perkara ini secara tidak langsung dapat mengurangkan penimbunan partikel lumpur dan bahan tambah pada permukaan kek. Fenomenon ini menunjukkan penggunaan kanji sugu dan kanji ubi kayu kemungkinan besar tidak akan memberikan masalah besar kepada aktiviti penggerudian seperti lekatan paip dan lain-lain.



Rajah 3 Ketebalan kek lumpur 20 cp

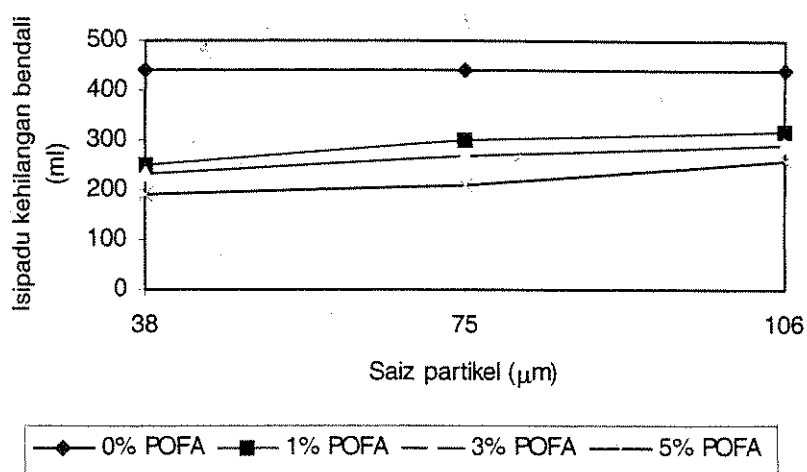
3.2 Prestasi Abu Kelapa Sawit sebagai Bahan Tambah Kawalan Kehilangan Bendalir dalam Buburan Simen

Hasil uji kaji kehilangan bendalir yang telah dilakukan pada suhu 125°F (52°C) dan tekanan kebezaan 1,000 psi (6.89 MPa) ditunjukkan dalam Rajah 4. Jelas kelihatan bahawa kehilangan bendalir berkurang dengan pertambahan jumlah bahan tambah yang digunakan. Abu kelapa sawit Jenis C (berdasarkan kategori ASTM) menghasilkan kehilangan bendalir yang lebih sedikit berbanding abu kelapa sawit dan bahan tambah piawai Halad 322s. Secara am, jelas kelihatan bahawa prestasi abu kelapa sawit sebagai bahan tambah kehilangan bendalir lebih baik daripada Halad 322s, tetapi kurang memuaskan berbanding abu Jenis C. Ini kerana abu kelapa sawit mengandungi lebih banyak oksida daripada silika, aluminium, dan besi daripada abu Jenis C, tetapi lebih sedikit jika dibandingkan dengan kandungan oksida tersebut dalam Halad 322s. Kehadiran bahan tambah berkaitan dalam buburan simen akan menyebabkan sebahagian liang mikro dipenuhi dan kereaktifan sifat pozolannya akan mengurangi kebolehtelapan simen. Perkara ini boleh difahami kerana semasa tindak balas simen dan dengan kehadiran air, zarah-zarah halus abu akan bertindak balas dengan kalsium oksida dan kalsium hidroksida yang berlebihan yang terhasil ketika tahap awal tindak balas untuk membentuk hidrat trikalsium silikat tambahan. Silikat tambahan ini akan memenuhi liang yang terdapat dalam simen sehingga menyebabkan jumlah liang dalam simen berkurang dan seterusnya akan menurunkan kebolehtelapan simen [10].



Rajah 4 Perbandingan prestasi kehilangan bendalir pelbagai bahan tambah

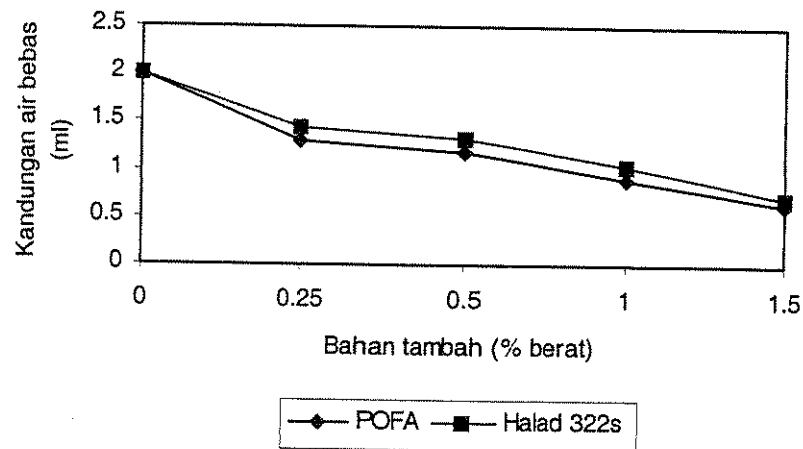
Prestasi abu sebagai bahan tambah kawalan kehilangan bendalir bergantung juga pada saiz abu yang digunakan, seperti yang ditunjukkan oleh Rajah 5. Jelas kelihatan bahawa kehilangan bendalir berkurang dengan berkurangnya saiz zarah abu kelapa sawit yang digunakan. Contohnya, bila digunakan sebanyak 1% berat simen abu kelapa sawit berukuran 75 μm , maka sebanyak 306 ml kehilangan bendalir terhasil. Sebaliknya, sebanyak 225 ml kehilangan bendalir pula akan terhasil bila digunakan abu kelapa sawit berukuran 38 μm .



Rajah 5 Kesan zarah abu kelapa sawit terhadap prestasi kehilangan bendalir

Fenomenon ini berlaku kerana nisbah luas permukaan terhadap isi padu untuk abu yang berukuran lebih kecil adalah lebih tinggi daripada zarah yang lebih besar sehingga akan mempercepat proses tindak balas kimia yang berlaku. Dengan demikian, bila abu kelapa sawit yang lebih kecil dicampurkan ke dalam buburan simen akan lebih cepat terbentuk gel hidrat kalsium silikat sehingga lebih cepat pengurangan kebolehtelapan simen akan berlaku. Selanjutnya, lebih sedikit kehilangan bendalir yang akan terhasil. Selain itu, zarah abu kelapa sawit yang lebih kecil akan mempunyai sisihan yang lebih baik. Dengan sisihan yang lebih baik, wujud pula luas permukaan yang lebih besar untuk berlakunya tindak balas kimia sehingga kadar tindak balas kimia akan meningkat.

Rajah 6 menunjukkan hasil uji kaji terhadap kandungan air bebas yang diperoleh daripada buburan simen yang telah dicampur dengan abu kelapa sawit. Buburan simen yang mengandungi abu kelapa sawit menghasilkan lebih sedikit air bebas bila dibandingkan dengan buburan simen yang dicampurkan

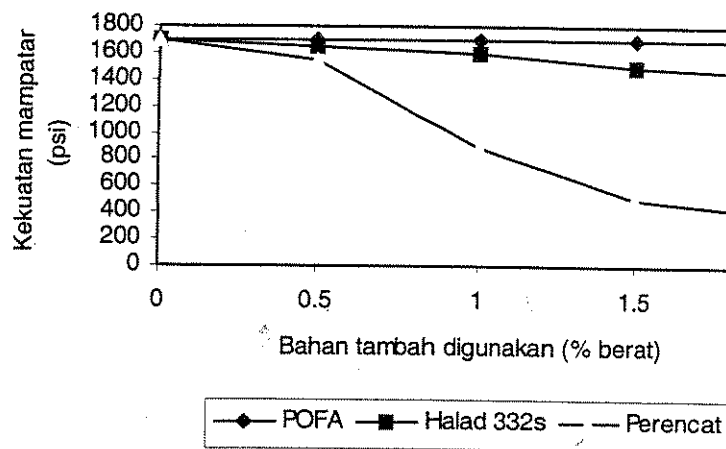


Rajah 6 Kesan terhadap kandungan air bebas

dengan Halad 322s, walaupun kedua-duanya lebih rendah daripada spesifikasi API, iaitu 3.50 ml maksimum. Fenomenon ini berlaku akibat perbezaan kandungan trikalsium aluminat dalam buburan simen yang berkaitan sehingga menyebabkan kadar tindak balas dan jumlah penggunaan air yang berbeza. Perkara ini selanjutnya akan menghasilkan kandungan air bebas yang berbeza.

Rajah 6 juga menunjukkan bahawa kandungan air bebas berkurang dengan bertambahnya jumlah bahan tambah yang digunakan. Dalam aspek ini, penggunaan abu kelapa sawit akan menghasilkan kandungan air bebas yang lebih sedikit daripada penggunaan Halad 322s. Ini kerana kandungan abu kelapa sawit akan mengisi liang antara butiran simen dengan hidrat kalsium silikat yang akan memperlambat tindak balas dengan air dan menyebabkan sebahagian air akan terperangkap. Selain itu, sebahagian air lagi akan bertindak balas dengan kalsium hidroksida menghasilkan bahan bersifat simen sehingga simen akan mengeras dengan sedikit air bebas.

Hasil uji kaji tentang kekuatan mampatan simen yang dicampur dengan abu kelapa sawit ditunjukkan dalam Rajah 7, yang dengan jelas menunjukkan bahawa kekuatan mampatan simen bertambah dengan bertambahnya jumlah abu kelapa sawit yang digunakan. Fenomenon yang sebaliknya berlaku bila buburan simen dicampurkan dengan perencat atau Halad 322s. Ini kerana kehadiran abu kelapa sawit dalam buburan simen akan membantu pembentukan gel hidrat trikalsium silikat yang lebih banyak. Gel ini akan memenuhi liang di antara butiran simen dan menyumbang kepada perkembangan kekuatan simen.



Rajah 7 Kesan penggunaan abu kelapa sawit terhadap kekuatan mampatan simen.

4.0 KESIMPULAN

Hasil kajian makmal telah menunjukkan bahawa kanji sagu dan kanji ubi kayu berupaya mengawal kehilangan bendalir dengan baik, sama seperti yang dipamerkan oleh PAC. Selain itu, kek turas yang terbentuk juga nipis. Ciri-ciri ini menunjukkan penggunaan kedua-dua kanji dijangka tidak menimbulkan masalah kepada operasi penggerudian, lebih-lebih lagi kanji merupakan bahan yang mudah dilarutkan oleh asid.

Hasil kajian juga telah menunjukkan bahawa abu kelapa sawit boleh digunakan sebagai bahan tambah kawalan kehilangan bendalir bagi simen telaga petroleum dengan menunjukkan prestasi yang lebih baik bila dibandingkan dengan prestasi bahan tambah kawalan kehilangan bendalir piawai, iaitu Halad 322s. Penggunaan abu kelapa sawit juga akan turut meningkatkan kekuatan mampatan dan mengurangkan kandungan air bebas simen yang digunakan. Bagaimanapun, kajian lanjut untuk menentukan kesan penggunaan abu kelapa sawit terhadap ciri-ciri simen yang lain harus dilakukan dan kesan terhadap bahan tambah lain yang digunakan bersama juga perlu ditentukan bagi menghindari kesan negatif terhadap ciri-ciri simen yang berkaitan dan fungsi bahan tambah berkenaan.

Selain kajian makmal, kajian ekonomi juga harus dilakukan. Ini adalah untuk menentukan bahawa kos penggunaan kanji sagu dan kanji ubi kayu dalam bendalir penggerudian, dan kos penggunaan abu kelapa sawit dalam buburan simen adalah setimpal dengan kelebihan yang diperolehi dan tidak

menyebabkan kos keseluruhan bagi pembangunan telaga petroleum bertambah.

TATANAMA

API	= American Petroleum Institute
ASTM	= American Society for Testing and Materials
CMC	= selulosa karboksimetil
HEC	= selulosa hidroksietil
PAC	= selulosa polianionik
POFA	= abu kelapa sawit
Q_{30}	= isi padu turasan dalam masa 30 minit, ml.
Q_5	= isi padu turasan dalam masa 5 minit, ml.
t	= masa yang diperlukan untuk menjalankan ujian, minit

PENGHARGAAN

Kami berterima kasih kepada Pusat Pengurusan Penyelidikan (RMC), Universiti Teknologi Malaysia, kerana telah membiayai projek penyelidikan ini.

RUJUKAN

- [1] Dyke, K.V. 1997. *Fundamentals of Petroleum*. Edisi ke-4. Austin, Texas: Petroleum Extension Service, The University of Texas at Austin.
- [2] Rabia, H. 1985. *Oilwell Drilling Engineering: Principles and Practice*. London: Graham & Trotman.
- [3] Allen, T.D. 1978. *Production Operation*. Volume 1. Tulsa: Oil & Gas Consultants International.
- [4] Van Beynum, G.M.A., dan J.A Roels. 1985. *Starch Conversion Technology*. New York: Marcel Dekker Inc.
- [5] Helmuth, R. 1990. *Fly Ash in Cement and Concrete*. Illinois: Portland Cement Association, Research and Development Laboratories.
- [6] Gray, G.R., dan H.C.H Darley. 1981. *Composition and Properties of Oil Well Drilling Fluids*. Edisi ke-4. London: Gulf Publishing.
- [7] Abdul Latif Irwan. 1997. *Penggunaan Kanji Tempatan Sebagai Bahan Pengawal Kehilangan Bendalir dalam Lumpur Gerudi Dasar Air*. Tesis Sarjana Muda. FKKKSA, UTM.
- [8] Hudson, T.E., dan M.D Coffey. 1983. Fluid Loss Control Through The Use of A Liquid Thickened Completion and Workover Brine. *Journal of Petroleum Technology*. pp 1776-1782.
- [9] American Petroleum Institute. 1978. *Standard Procedure for Testing Drilling Fluid*. API RP 13B. Edisi ke-7. Dallas: American Petroleum Institute.
- [10] American Petroleum Institute. 1992. *Specification for Materials and Testing for Well Cement Material*. API Spec. 10. Dallas: American Petroleum Institute.

FAKTOR PENUKARAN METRIK SI

$\text{cp} \times 1.0^*$	$\text{E} - 03 = \text{Pa.s}$
$^{\circ}\text{F} (^{\circ}\text{F} - 32)/1.8$	$= ^{\circ}\text{C}$
$\text{inci} \times 2.54$	$\text{E} + 00 = \text{cm}$
$\text{psi} \times 6.894757$	$\text{E} + 00 = \text{kPa}$

* Faktor penukaran adalah tepat.